

PAT-NO: JP02001291915A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001291915 A

TITLE: MAGNETORESISTANCE SENSOR ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

PUBN-DATE: October 19, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEI, SHUKO	N/A
MIN, RI	N/A
KAN, CHURYO	N/A
NYO, EIDO	N/A
ZEN, KYODO	N/A
EI, FUKUSHO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HEADWAY TECHNOLOGIES INC	N/A

APPL-NO: JP2001035864

APPL-DATE: February 13, 2001

PRIORITY-DATA: 2000502035 (February 11, 2000)

INT-CL (IPC): H01L043/08, G01R033/09 , G11B005/39 , H01F010/16 , H01F010/32 , H01L043/12

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetoresistance sensor element of a spin bubble type, where reading of magnetic recording information of ultrahigh density of 20 Gb/in² in higher is enabled, and a manufacturing method of the sensor element.

SOLUTION: A lower base substance layer 42, a seed layer 43, an anti ferromagnetic magnetizing direction fixing function layer 44, a layer 45 whose ferromagnetic magnetizing direction is to be fixed, an dia magnetic spacer layer 46, a ferromagnetic free layer 47 constituted of a super thin film layer (CoFe) and an NiFe layer, a TaO layer 48 and a first protective layer 49 (NiCr), are laminated on a lower shield 40. A pair of longitudinal bias layers 76, formed of a hard magnetic material, are arranged from a surface of the ferromagnetic free layer 47 to side surfaces, so as to be in contact with respective side surfaces of the TaO layer 48 and the first protective layer 49. Conductive lead layers 78 are formed on the longitudinal bias layers 76, respectively. The TaO layer 48 and the first protective layer 49 function as mirror surface reflecting layers of conduction electrons.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-291915

(P2001-291915A)

(43) 公開日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマート* (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	
G 1 1 B 5/39		H 0 1 F 10/16	
H 0 1 F 10/16		10/32	
10/32		H 0 1 L 43/12	

審査請求 未請求 請求項の数37 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-35864(P2001-35864)

(22) 出願日 平成13年2月13日 (2001. 2. 13)

(31) 優先権主張番号 09/502035

(32) 優先日 平成12年2月11日 (2000. 2. 11)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 500475649

ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポ
レイテッド

アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95035 ミリピタス サウス ヒルビュー
ドライブ 678

(72) 発明者 成宗 洪

アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95120 サンジョセ カルカテラ ドライ
ブ 7174

(74) 代理人 100109656

弁理士 三反崎 泰司 (外1名)

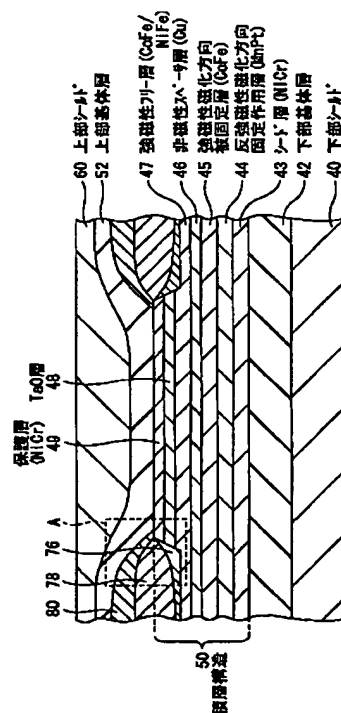
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗センサ素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 $20 \text{ Gb} / \text{i n}^2$ 以上の超高密度の磁気記録情報の読み取りを可能とするスピンバルブ型の磁気抵抗センサ素子およびその製造方法を提供する。

【課題手段】 下部シールド40上に、下部基体層42、シード層43、反強磁性磁化方向固定作用層44、強磁性磁化方向被固定層45、反磁性スペーサ層46、超薄膜層 (C o F e) および N i F e 層からなる強磁性フリー層47、T a O 層48、第1の保護層49 (N i C r) が積層されている。硬質磁性材料により形成された一対の縦バイアス層76が、強磁性フリー層47の表面から側面にかけて、更に T a O 層48および第1の保護層49それぞれの側面に接するように設けられている。これら縦バイアス層76上にはそれぞれ導電性のリード層78が形成されている。T a O 層48および第1の保護層49が伝導電子の鏡面反射層として機能する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 スピンバルブ構造を有する磁気抵抗センサ素子の製造方法であって、
 下部基体層上にシード層を形成する工程と、
 前記シード層上に反強磁性磁化方向固定作用層を形成する工程と、
 前記反強磁性磁化方向固定作用層上に強磁性磁化方向被固定層を形成する工程と、
 前記強磁性磁化方向被固定層上に非磁性スペーサ層を形成する工程と、
 前記非磁性スペーサ層上に強磁性フリー層を形成する工程と、
 前記強磁性フリー層上にタンタル(Ta)層を形成する工程と、
 前記タンタル層を酸化して酸化タンタル層とする工程と、
 前記酸化タンタル層上に第1の保護層を形成する工程と、
 前記第1の保護層上にレジストパターンを形成する工程と、
 前記レジストパターンをマスクとして前記第1の保護層、前記酸化タンタル層、および前記強磁性フリー層の一部分を選択的に除去する工程と、
 前記除去された領域に強磁性材料を再充填する工程と、
 前記再充填された強磁性材料層上に前記酸化タンタル層および前記第1の保護層に接する縦バイアス層を形成する工程と、
 前記縦バイアス層上に導電性リード層を形成する工程と、
 前記導電性リード層上に前記第1の保護層に達する第2の保護層を形成する工程と、
 前記第1の保護層および前記第2の保護層上に上部基体層を形成する工程とを含むことを特徴とする磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項2】 前記下部基体層として、膜厚25nm～35nmの酸化アルミニウムで構成されたものを用いることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項3】 前記シード層を、膜厚4.5nm～6.5nmのNiCr(ニッケル・クロム)層とすることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項4】 前記反強磁性磁化方向固定作用層を、膜厚15nm～25nmのMnPt(白金・マンガン)層とすることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項5】 前記強磁性磁化方向被固定層を、膜厚1.5nm～2.5nmのCoFe(コバルト・鉄)層とすることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項6】 前記非磁性スペーサ層を、膜厚1.8nmから2.5nmのCu(銅)層とすることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項7】 前記強磁性フリー層として、膜厚0.5nm未満のCoFe層上に膜厚3～6nmのNiFe層を形成することを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項8】 前記タンタル層を、膜厚0.5nm未満とすることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項9】 前記タンタル層をプラズマアッシング工程により酸化タンタル層とすることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項10】 前記プラズマアッシング工程を、基板のクリーニング装置内で実施することを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項11】 前記第1の保護層として、膜厚1nm～3nmのNiCr層を形成することを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項12】 前記第1の保護層、酸化タンタル層、および前記強磁性フリー層の一部分の選択的除去を、IBE(イオンビームエッチング)もしくはスパッタエッチングにより行うことを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項13】 前記再充填する強磁性材料としてNiFeを用いることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項14】 前記縦バイアス層を、反強磁性材料により形成することを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項15】 前記反強磁性材料として、MnNi(マンガン・ニッケル)またはMnPt(白金・マンガン)を用いることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項16】 前記反強磁性材料として、IrMn(イリジウム・マンガン)を用いることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項17】 前記縦バイアス層を、硬質磁性材料により形成することを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項18】 前記硬質強磁性材料として、CoPt(コバルト・白金)またはCoPtCr(コバルト・白金・クロム)を用いることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項19】 前記導電性リード層として、前記縦バイアス層上に膜厚5nm～10nmのTa層、膜厚40nm～50nmのAu層、および膜厚5nm～10nmのTa層をこの順番で堆積させることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗センサ素子の製造方法。

【請求項20】 前記上部基体層として、膜厚35nm

する請求項 21 に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項２７】 前記強磁性フリー層は、膜厚０．５ｎｍ未満のＣｏＦｅ層上に膜厚３～６ｎｍのＮｉＦｅ層を形成した領域を含むことを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項28】 前記酸化タンタル層の膜厚は、1 nm未満であることを特徴とする請求項21に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項29】 前記第1の保護層は、膜厚1 nm～3 nmのNiCr層であることを特徴とする請求項21に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項３０】 前記エッチング領域に再充填された強磁性材料はNiFeであることを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項３１】 前記縦バイアス層は反強磁性材料により形成されていることを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項３２】 前記反強磁性材料は、 $MnNi$ （マンガ・ニッケル）または $MnPt$ （白金・マンガ）であることを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項３３】 前記反強磁性材料は、 IrMn （イリジウム・マンガン）であることを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項３４】 前記縦バイアス層は硬質磁性材料により形成されていることを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項３５】 前記硬質強磁性材料は、 CoPt （コバルト・白金）または CoPtCr （コバルト・白金・クロム）であることを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項３６】 前記導電性リード層は、前記縦バイアス層上に形成された膜厚５ｎｍ～１０ｎｍのＴａ層、膜厚４０ｎｍ～５０ｎｍのＡｕ層、および膜厚５ｎｍ～１０ｎｍのＴａ層の積層構造であることを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【請求項３７】 前記上部基本層は、膜厚３５ｎｍ～５０ｎｍの酸化アルミニウム層であることを特徴とする請求項２１に記載の磁気抵抗センサ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気読取ヘッドに用いられる巨大磁気抵抗（giant-magnetoresistivity; GMR）センサなどの磁気抵抗センサ素子およびその製造方法に係り、特に、鏡面反射層を備えた下部スピนวバルブ（specular electron scattering bottom spin valve）型の磁気抵抗センサ素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】初期の磁気読取ヘッドは、パーマロイトと

いった磁性材料の異方性磁気抵抗 (AMR) 効果を利用して、ディスクやテープといった媒体上に磁気的に記録されたデータを解読するものであった。ここに、異方性磁気抵抗効果とは、磁化方向と磁性材料を流れる電流の方向の角度に比例した、特定の磁性素材における電気抵抗 r の変化をいう。移動する磁化媒体、例えば磁気的に符号化されたテープやディスクの磁界変化は読取ヘッドの磁化方向を変化させるので、その抵抗変化 (AMR 効果) を媒体上の記録情報として回路装置で読み取ることができる。

【0003】ところで、このAMR効果の欠点の1つとして、抵抗変化率 $D r / r$ が極めて小さい、ということが挙げられる。ここで、 $D r$ は磁性材料の異方性磁界 (H_k) での抵抗値とゼロ磁場での抵抗値の変化量 (最大値) を表すもので、わずか数%程度である。AMR 素子では、この $D r / r$ が小さいことにより、正確な値を読み取ることが困難とされていた。

【0004】その後、1980年代後半から1990年代の初期にかけて、巨大磁気抵抗 (GMR) の現象が発見され、読取ヘッド技術に応用されるようになった。このGMR効果は、強磁性材料でなる膜厚2nmの薄膜が、伝導性を有するが非磁性材料でなる均一な薄膜層 (膜厚1nm) で分離されている場合に、伝導電子のスピン間の交換結合により強磁性もしくは反強磁性の状態を得ることができるという事象から派生したものである。そして、電子が層間を横切る際のスピン依存散乱に起因して、層構造での磁気抵抗が、強磁性の状態よりも反強磁性の状態においてかなり大きいこと、また、 $D r / r$ が各磁性層のAMRよりも高い状態であることが見いだされた。

【0005】その後、GMR効果の1つとして、スピンバルブ磁気抵抗 (SVMR) が発見され実用化された。このスピンバルブ構造のGMRでは、2層の強磁性層、例えばCoFe (コバルト・鉄) やNiFe (ニッケル・鉄) からなる層が、薄膜のスペーサ層 (中間層) により分離されている。このスペーサ層は、電気的に導電性を有する非磁性材料、例えばCu (銅) により構成されている。2層の強磁性層のうち一層 (ピン層) は、その上に直接積層された反強磁性層 (バイアス層) との間の交換結合磁界によって磁化方向が空間的に固定される。もう一方の強磁性層 (フリー層) は、磁気媒体の移動等によって磁化方向が回転することにより生じる外部磁界の些細な変化にตอบสนองし、その磁化方向が自由に動く。なお、磁気媒体の移動はピン層の磁化方向には影響を与えない。このようなピン層とフリー層との間の磁化方向の相対的な変化によって、強磁性層、スペーサ層および強磁性層からなる3層構造の磁気抵抗の変化が生ずる。

【0006】このようなSVMRセンサが、現在、磁気読取ヘッドに適用され、実用化されている。最近の技術の傾向は、様々な強磁性および反強磁性層を形成する材

料の新規選択や、層の数と方向の変化、スピンバルブを外部の回路装置に接続させるリードの構造と構成の選択により、これらスピンバルブの感度と安定性を向上させる方向にある。これに関連して、米国特許番号5, 896, 252 (カナイ (kanai)) は、フリー磁性層がCoFe層およびNiFe層からなる2層構造で形成されたSVMRヘッド素子の製造方法を開示している。また、米国特許番号5, 919, 580 (バーナード (Barnard) ら) では、反強磁性磁化方向固定作用層がクロム (Cr) を豊富に含有しており、ネール (Neel) 温度と異方性定数を調整可能なSVMRヘッド素子の製造方法を開示している。更に、米国特許番号5, 701, 223 (フォンタナ・ジュニア (Fantana, Jr.) ら) には、改良された反強磁性 (AF) 層と組み合わせ、積層された非平行 (AP) 磁化方向被固定層を使用したSVMRセンサの製造方法が開示されている。また、米国特許番号5, 883, 764 (ピナバシ (Pinarbasi)) には、極めて薄く高い導電性のリード構造を使用したSVMR構造の製造方法が開示されている。なお、Kamiguchi は、その研究報告 "CoFe Specular Spin Valves With A Nano Oxide Layer" (1999年Intermag Conference) のなかで、GMR比の向上したスピンバルブ構造の製造方法を概説しているが、その構造は、CoFeO/TaOの積層構造でなる鏡面反射層、CoFeからなるフリー層、およびIrMnからなる反強磁性層を利用したものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような従来のSVMR構造の読取ヘッドは、磁気情報の密度が20Gビット/インチ² (20Gb/in²) 程度のハードディスクを読み取ることができるように設計し、構造が改良されたものである。しかし、現在、製造されているSVMRセンサでは、数ギガビットの読み取りには十分な密度であるが、更に20Gb/in² 以上の超高密度の磁気情報を正確に読み取るには物理的特性が十分ではないという問題があった。すなわち、フリー層に対して磁区制御用の縦バイアス磁界を加えるための縦バイアス層と積層構造との接合部分で、接合端に平行に磁化が生ずる領域 (デッドゾーン) が生じ、これが従来の上部SVMRセンサ素子において超高密度の磁気記録情報の読み取りを妨げる要因となっていた。

【0008】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、縦バイアス層と積層構造との接合部分でのデッドゾーンの発生を解消して、20Gb/in² 以上の超高密度の磁気記録情報の読み取りを可能とするスピンバルブ型の磁気抵抗センサ素子およびその製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気抵抗センサ素子は、下部基体層と、下部基体層の一面に形成された

シード層と、シード層の下部基体層とは反対側の面に形成された反強磁性磁化方向固定作用層と、反強磁性磁化方向固定作用層のシード層とは反対側の面に形成された強磁性磁化方向被固定層と、強磁性磁化方向被固定層の反強磁性磁化方向固定作用層とは反対側の面に形成された非磁性スペーサ層と、非磁性スペーサ層の前記強磁性磁化方向被固定層とは反対側の面に形成された強磁性フリー層と、強磁性フリー層の非磁性スペーサ層とは反対側の面に形成された酸化タンタル (TaO) 層と、酸化タンタル層の強磁性フリー層とは反対側の面に形成された第1の第1の保護層と、第1の保護層、前記酸化タンタル層、および強磁性フリー層の一部を選択的に除去した後、強磁性材料により再充填されたエッチング領域と、このエッチング領域に設けられ、側面が強磁性フリー層の一部、酸化タンタル層および第1の保護層それぞれに接する縦バイアス層と、縦バイアス層に接して設けられた導電性リード層と、導電性リード層上に第1の保護層に達する第2の保護層を形成する工程と、第1の保護層および第2の保護層を覆うように設けられた上部基体層とを備えた構成を有している。

【0010】本発明の磁気抵抗センサ素子は、酸化タンタル層および第1の保護層により伝導電子の鏡面反射層が構成されており、この鏡面反射層を備えた下部スピバルブ構造である。この鏡面反射層による伝導電子の鏡面反射は、GMR効果のスピ依存散乱とともに、更なる磁気抵抗変化率 (Dr/r) の向上をもたらす。

【0011】なお、この磁気抵抗センサ素子では、特に、強磁性フリー層をCoFe/NiFeの積層構造により構成し、また、鏡面反射層を、酸化タンタル層 (TaO) およびNiCrからなる第1の保護層により構成することによって、高い出力電圧を得ることができると共に、例えばCoFeといった他の強磁性材料より優れたフリー層異方性特性が得られ、熱的に安定したセンサ素子を実現することができる。また、この磁気抵抗センサ素子では、鏡面反射層を備えた下部スピバルブ構造を採用すると共に、縦バイアス層が強磁性フリー層の表面から側面部分にかけて連続的にかつ直接に接したバイアス構造を有しているため、強磁性フリー層の磁化方向を適切に保持することができ、それにより従来の上部スピバルブ構造に生じていたデッドゾーンの発生を防止でき、超高密度の狭いトラックの磁気情報を読み取ることができる。

【0012】なお、本発明の磁気抵抗センサ素子では、各層の順序および構成材料並びに膜厚を適切に選択すると、伝導電子の鏡面反射によって磁気抵抗変化率が更に向上する。

【0013】また、本発明の磁気抵抗センサ素子の製造方法は、下部基体層上にシード層を形成する工程と、シード層上に反強磁性磁化方向固定作用層を形成する工程と、反強磁性磁化方向固定作用層上に強磁性磁化方向被

固定層を形成する工程と、強磁性磁化方向被固定層上に非磁性スペーサ層を形成する工程と、非磁性スペーサ層上に強磁性フリー層を形成する工程と、強磁性フリー層上にタンタル (Ta) 層を形成する工程と、タンタル層を酸化して酸化タンタル層とする工程と、酸化タンタル層上に第1の保護層を形成する工程と、第1の保護層上にレジストパターンを形成する工程と、レジストパターンをマスクとして第1の保護層、酸化タンタル層、および強磁性フリー層の一部を選択的に除去する工程と、除去された領域に強磁性材料を再充填する工程と、再充填された強磁性材料層上に酸化タンタル層および前記第1の保護層に接する縦バイアス層を形成する工程と、縦バイアス層上に導電性リード層を形成する工程と、導電性リード層上に第1の保護層に達する第2の保護層を形成する工程と、第1の保護層および第2の保護層上に上部基体層を形成する工程とを含むものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明するが、それに先立ち、図3を参照して従来の技術に従って作製できる比較例について説明する。

【0015】この比較例は、上部SVMR構造のセンサ素子であり、図3はそのエアベアリング面 (ABS) の構成を表している。この上部SVMRセンサ素子は、読み取り/書き込みヘッドの下部シールド10と上部シールド30の間に位置し、その領域がヘッドのリードギャップを決定する。上部SVMRセンサ素子は、下部基体層12と上部基体層24との間に積層構造20を有している。この積層構造20の膜厚の合計は約40nmである。なお、下部基体層12は、例えば酸化アルミニウムで形成され、その膜厚は例えば約57nmである。上部基体層24もまた酸化アルミニウムで形成され、その膜厚は例えば約33nmである。

【0016】積層構造20は、最下層に第1の材料層としてタンタル (Ta) からなるシード層13を含んで構成されている。このシード層13上には、第2の材料層としてNiFe・CoFe (ニッケル・鉄・コバルト・鉄) からなる強磁性フリー層14が形成されている。強磁性フリー層14上には第3の材料層としてCu (銅) からなる非磁性スペーサ層15が形成されている。この非磁性スペーサ層15上には第4の材料層としてCoFe (コバルト・鉄) からなる強磁性磁化方向被固定層 (以下、強磁性被固定層と称する) 16が形成されている。強磁性被固定層16上には第5の材料層として反強磁性 (AFM) 磁化方向固定作用層 (以下、反強磁性固定作用層と称する) 17が形成されている。反強磁性固定作用層17は、反強磁性材料のうち1種類を使用した層でよく、そのような材料のうち、MnPt (白金・マンガン) は、熱安定性に優れているので、特に好ましい。反強磁性固定作用層17上には第6の材料層として

タンタルからなる第1の保護層18が形成されている。上部SVMRセンサ素子の積層構造20は、以上の順で形成されたシード層13、強磁性フリー層14、非磁性スペーサ層15、強磁性被固定層16、反強磁性固定作用層17および第1の保護層18により構成されている。

【0017】ところで、図3からも分かるように、この上部SVMRセンサ素子では、強磁性被固定層16が積層構造20のなかで上部に位置し、一方、強磁性フリー層14は下部に位置している。強磁性フリー層14は、下部シールド10と上部シールド30との間のリードギャップの中間に位置する。下部シールド10から上部シールド30までのリードギャップの膜厚の合計は、例えば0.13 μm である。また、積層構造20の厚みは40nmであり、基体下部12は57nm、上部基体層24は33nmである。

【0018】この上部SVMRセンサ素子のトラック幅は、素子トポグラフィとバイアス点を考慮して、積層構造20に隣接してパターンニング形成された一対の縦バイアス層25により決定される。縦バイアス層25は、CoPtCr（コバルト・白金・クロム）などの硬質強磁性材料（永久磁石）により形成されている。一対の縦バイアス層25上には導電性の一対のリード層26が形成されている。

【0019】この上部SVMRセンサ素子においては、シード層13を鏡面反射層として利用することにより磁気抵抗変化率（ Dr/r ）と信号増幅量（ Dr ）が向上する。シード層13の構成材料としては、Ta（タンタル）よりもNiFeCr（ニッケル・鉄・クロム）若しくはNiCr（ニッケル・クロム）が用いられる。NiFeCr若しくはNiCrでなるシード層13を使用することで、このシード層13が鏡面反射層として機能し、これにより伝導電子の鏡面反射が生じ、 Dr/r および Dr が向上する。なお、このSVMR構造では、シード層としてNiFeCrもしくはNiCrを用いた方が、Taを用いる場合よりも熱安定性（つまり、信用性）に優れている。

【0020】しかしながら、上述のように縦バイアス層25によりトラック幅が決定される上部SVMR構造のセンサ素子では、前述のような「デッドゾーン」の存在が問題になる。ここに、「デッドゾーン」とは、縦バイアス層と積層構造との接合部分で、接合端に平行に磁化が生ずる領域のことであり、これが従来の上部SVMRセンサ素子において超高密度の磁気記録情報の読み取りを妨げる要因となっていた。

【0021】本実施の形態では、後述の実験結果に基づいて、図1に示した下部SVMR構造を採用し、このようなデッドゾーンの問題を解消して、上部スピバルブ構造を越える超高密度の磁気記録情報の読み取りを可能としたものである。

【0022】以下、図1を参照してこの下部SVMRセンサ素子について説明する。なお、図1はそのエアベアリング面（ABS）の概略図を表すものである。この下部SVMRセンサ素子は、伝導電子の鏡面反射層とスピバルブ膜との位置関係を、図3の上部SVMRとは逆にして、伝導電子の鏡面反射層を上、スピバルブ膜が下になるような構造としたものである。更に、この下部SVMRセンサ素子は、このような鏡面反射層を備えた下部スピバルブ構造を採用すると共に、縦バイアス層が強磁性フリー層の表面から側面部分にかけて連続的にかつ直接に接したバイアス構造を採用している。

【0023】この下部SVMRセンサ素子は、読み込み／書き込みヘッドの下部シールド40と上部シールド60の間に配置されている。これら下部シールド40および上部シールド60がヘッドのリードギャップを決定する。このSVMRは、膜厚の合計が例えば38nmの積層構造50を備えている。積層構造50は下部基体層42と上部基体層52との間に挟まれている。下部基体層42は例えば酸化アルミニウムで形成され、その膜厚は33nmである。上部基体層52は例えば同じく酸化アルミニウムで形成され、その膜厚は59nmである。

【0024】積層構造50は、最下層に第1の材料層として、例えばNiCrまたはNiFeCrからなるシード層43である。このシード層43の膜厚は4.5nm～6.5nmが好ましく、ここでは例えば5.5nmである。シード層43上には、第2の材料層として、例えばMnPt（白金・マンガン）でなる反強磁性磁化方向固定作用層44が形成されている。この反強磁性磁化方向固定作用層44の膜厚は15nm～25nmであり、ここでは例えば20nmである。反強磁性磁化方向固定作用層44上には、第3の材料層として、例えばCoFeからなる強磁性磁化方向被固定層45が形成されている。強磁性磁化方向被固定層45の膜厚は1.5nm～2.5nmであり、ここでは例えば2nmである。

【0025】強磁性磁化方向被固定層45上には、第4の材料層として、例えばCu（銅）からなる反磁性スペーサ層46が形成されている。この反磁性スペーサ層46の膜厚は2.0nm～2.2nmであり、ここでは例えば2.0nmである。反磁性スペーサ層46の上には、第5の材料層として強磁性フリー層47が形成されている。この強磁性フリー層47は、膜厚は0.5nm未満の超薄膜層（CoFe層）の上に、膜厚が例えば3nm～6nmで、CoFe層と強磁性的に結合されたNiFe層を形成したものである。

【0026】この強磁性フリー層47上には、第6の材料層として、膜厚例えば0.5nmのTaO（酸化タンタル）層48が形成されている。このTaO層48は、例えば基板クリーニング装置のプラズマアッシングを使用してTa（タンタル）を酸化することにより形成される。TaO層48上には、第7の材料として、例えばN

iCrからなる第1の保護層49が形成されている。第1の第1の保護層49の膜厚は1nm~3nmであり、本実施の形態では例えば2nmである。

【0027】第1の保護層49は、TaよりはNiCrにより形成することが好ましい。その理由は、NiCrは被磁化方向固定層（ピン層）の磁化を横方向に設定するための高温磁界アニール中（280℃で5時間）において積層構造50の酸化を防止することができるからである。すなわち、NiCrからなる第1の保護層49は酸化防止バリヤとして十分な機能を備えている。Ta

【0028】積層構造50の両側には、強磁性フリー層47の表面から側面にかけて、更にTaO層48および第1の保護層49それぞれの側面に接するように一対の縦バイアス層76が設けられ、これら縦バイアス層76上にはそれぞれ導電性のリード層78が形成されている。縦バイアス層76は、エアベアリング面（ABS）の平面と平行に強磁性フリー層47の磁化方向のバイアス（縦バイアス）を供給するものである。リード層78はSVMRセンサを外部の回路装置に接続させるもので、これによりSVMRセンサの抵抗変化が電気信号に変換される。リード層78上には、端部が第1の保護層49に達する第2の保護層80が形成されている。

【0029】この下部SVMRセンサ素子のトラック幅は、積層構造50の幅、すなわち一対の縦バイアス層76（あるいはリード層78）間の大きさによって決まる。なお、図2は積層構造50と縦バイアス層76等との2つの接合部分の一方の領域Aを拡大したものである。

【0030】本実施の形態の下部SVMRセンサ素子では、酸化タンタル層48およびNiCrからなる第1の保護層49により伝導電子の鏡面反射層が構成されており、この鏡面反射層による伝導電子の鏡面反射がGMR効果のスピン依存散乱とともに磁気抵抗変化率（Dr/r）を向上させる。

【0031】また、この下部SVMRセンサ素子では、特に、強磁性フリー層47をCoFe/NiFeの積層構造により構成し、また、鏡面反射層を、酸化タンタル層48およびNiCrからなる第1の保護層49により構成することによって、高い出力電圧を得ることができると共に、例えばCoFeといった他の強磁性材料より優れたフリー層異方性特性が得られ、熱的に安定したセンサ素子を実現することができる。また、この下部SVMRセンサ素子では、更に、縦バイアス層76が強磁性フリー層47の表面から側面部分にかけて連続的にかつ直接に接したバイアス構造を有しているため、強磁性フリー層の磁化方向を適切に保持することができ、それにより従来の上部スピナル構造に生じていたデッ

ドゾーンの発生を防止でき、超高密度の狭いトラックの磁気情報を読み取ることができる。

【0032】本実施の形態のSVMRセンサ素子は以下の方法により製造することができる。すなわち、下部シールド40上に下部基体層42を形成し、この下部基体層42上にNiCrからなるシード層43、MnPtからなる反強磁性磁化方向固定作用層44、CoFeからなる強磁性磁化方向被固定層45、Cuからなる反磁性スペーサ層46を形成する。更に、この反磁性スペーサ層46上に、CoFeの超薄膜層、このCoFe層に磁気結合したNiFe層からなる強磁性フリー層47を形成する。続いて、強磁性フリー層47上にTa層を形成した後、このTa層を酸化してTaO層48とする。次いで、このTaO層48上にNiCrからなる第1の保護層49を形成して、積層構造50を完成する。以上の各層は、公知のスパッタリング法等により形成することができる。

【0033】次に、積層構造50上に図示しないがレジストパターンを形成し、このパターンをマスクとしたIBE（イオン・ビーム・エッチング）またはスパッタエッチングにより第1の保護層49およびTaO層48、更にNiFeからなる強磁性フリー層47の一部まで選択的に除去する。続いて、第1の保護層49およびTaO層48のエッチング領域に、NiFeを堆積（再充填）する。

【0034】次いで、スパッタリング法により、NiFe層上に反強磁性材料（例えばMnNi（マンガニウム・ニッケル）、MnPt（マンガニウム・白金）、IrMn（イリジウム・マンガニウム））、若しくは硬質磁性材料（例えばCoPt（コバルト・白金）、CoPtCr（コバルト・白金・クロム））を堆積させて一対の縦バイアス層76を形成する。この縦バイアス層76の膜厚は、強磁性フリー層47の磁気モーメントによって決定される。続いて、同じくスパッタリング法により、縦バイアス層76上に、例えばTa（5~10nm）、Au（金）（40~50nm）、Ta（5~10nm）の順で堆積することにより導電性の一対のリード層78を（一直線に整列して）形成する。最後に、NiCrからなる第2の保護層80を形成して、本実施の形態のSVMRセンサ素子が完成する。

【0035】さて、一連の実験を行って、本発明のSVMRセンサ素子形成のために最適な材料と膜厚を調べた。その結果を表1に示す。ここでは、5つのSVMR積層構造を形成し、各種磁気特性、すなわち、飽和磁束（Bs）、フリー層保磁力（Hc）、交換結合磁界（He）、異方性磁界（Hk）、シート抵抗（Rs）、磁気抵抗変化率（Dr/r）および出力振幅（Dr）を調べた。堆積工程での強磁性フリー層の磁気モーメントは、膜厚3.8nmのNiFe層に相当する。

【0036】

【表1】

	構 造	B _s	H _c	H _e	H _k	R _s	Dr/r	Dr
1	CZB55/MP200/CoFe20/ Cu30/CoFe20/CZB50	0.21	2.80	56.9	20.4	15.3	6.75	1.06
2	CZB55/MP200/CoFe20/ Cu30/CoFe20/OL/CZB50	0.12	4.01	75.7	19.4	16.6	7.38	1.23
3	CZB55/MP200/CoFe20/ Cu30/CoFe20/Ta5/ OL/CZB50	0.18	7.66	4.90	10.4	15.3	8.00	1.22
4	CZB55/MP200/CoFe20/ Cu30/CoFe3/NiFe32.5/ Ta5/OL/Al ₂ O ₃ 40	0.24	9.43	6.00	10.6	14.4	8.43	1.21
5	CZB55/MP200/CoFe20/ Cu20/CoFe3/NiFe32.5/ Ta5/OL/CZB30	0.24	6.06	6.40	5.40	18.4	9.32	1.72

【0037】上記の表において、例えばMP200は、膜厚20nm(200Å)のMnPt層を表している。また、OLは下地層(表では左横に記載した層)をプラズマアッシングにより酸化した層(例えばCoFeO層またはTaO)、CZBはNiCr層をそれぞれ表しており、55等の数値は膜厚(ここではÅ)を示している。なお、H_c、H_e、H_kの単位はエルステッド(Oe)である。B_sの単位はnWb(ナノウェーブ)/cm²、R_sの単位はΩ(オーム)/cm²である。

【0038】ここで、構造1は、比較例としての基本的な構成の下部SVMR構造である。構造2は、構造1のCoFe層(強磁性フリー層)をプラズマアッシングにより酸化してCoFeO層(OL)を含ませるようにしたものである。CoFeO層は鏡面反射を促進するもので、これはDr/rの値が増加していることにより証明される。交換結合磁界(H_e)に関しては、構造1、2とも高い値を示している。構造3では、膜厚0.5nm(5Å)のTaO層がプラズマアッシングの前に堆積されており、CoFeの酸化を減少させている。この構造3では、CoFe層およびTaO層が鏡面反射を促進する。構造5では、NiFeからなるフリー層上にTaO層が形成されており、Dr/rとDrが最も高いことが分かる。また、このNiFeおよびTaOの積層を含む構造5では、H_e、H_kが低い値であり、軟質フリー層の磁気特性を示している。

【0039】構造4のスピナバルブ構造では、鏡面反射の影響がTaO層のみによるものか、あるいはTaO層およびNiCr層の組み合わせによるものかを調べるために作製されたものである。なお、この構造4では、最終第1の保護層がNiCrではなく膜厚4nmのAl₂O₃(酸化アルミニウム)である。構造4では、Dr/rは8.43%であり、構造5の9.32%と比較すると約1%低い値となっている。構造5のH_eと等しい値を得るためには、構造5のCu層(スペーサ層)が2nm(20Å)であるのに対して、構造3、4のCu層(ス*

*ペーサ層)では、膜厚を3nm(30Å)とする必要がある。

【0040】以上の結果から、本発明者は、NiFeスピナバルブ構造については、積層構造5のように、TaO層とNiCr層との組み合わせが鏡面反射を生じさせる層として最も適していると結論づけた。なお、すべての積層構造において、MnPt(MP)を反強磁性材料として選択しているが、これは熱安定性(信用性)が、前述した参考文献(Kamiguchiら)に記載されているIrMnより優れていることによる。

【0041】加えて、本実施の形態のスピナバルブ構造は、前述の参考文献(Kamiguchiら)に記載されているようなCoFeのみをフリー層の材料として使用している構造と比べ、CoFe/NiFeの2層構造を強磁性フリー層の材料として使用しているため、優れた異方性特性を有している。なお、CoFeのみを利用した層はセンサの安定性に問題がみられる。従って、一連の積層構造1~5のうちでは、積層構造5(すなわち、図1に示した実施の形態)が好適であることが分かる。

【0042】以上実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態または実施例に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えばSVMRセンサの構成材料、厚みなどは上記実施の形態のものに限定されるものではない。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように本発明の磁気抵抗センサ素子によれば、伝導電子の鏡面反射層を備えた下部スピナバルブ構造を採用すると共に、縦バイアス層が強磁性フリー層の表面から側面部分にかけて連続的にかつ直接に接したバイアス構造を有するようにしたので、磁気抵抗変化率が向上し、かつ積層構造と縦バイアス層との接合部において、デッドゾーンの発生を防止することができ、よって超高密度度に記録された磁気情報の読み取りが可能になる。

【0044】また、本発明の磁気抵抗センサ素子の製造

16

センサのエアベアリング面（ABS）の断面構成図である。

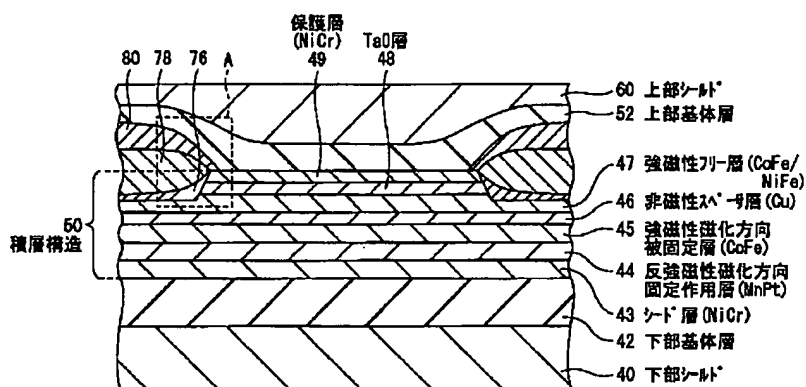
【符号の説明】

40…下部シールド、42…下部基体層、43…シード層、44…反強磁性磁化方向固定作用層、45…強磁性磁化方向被固定層、46…非磁性スペーサ層、47…強磁性フリー層、48…TaO層、49…第1の保護層、50…積層構造、76…縦バイアス層、78…リード層、80…第2の保護層（キャップ層）

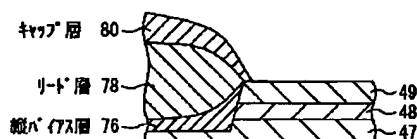
層、80…第2の保護層（キャップ層）

【図3】比較例としての上部スピンバルブ型の磁気抵抗

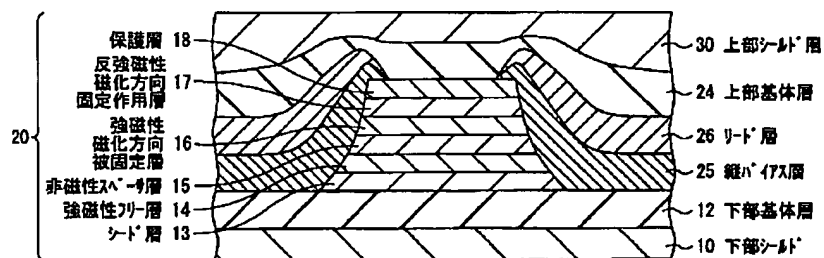
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 民 李

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

94538 フレモント レスリー ストリー
ト 39663 アパート 408

(72)発明者 ▲煥▼中 廖

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

94539 フレモント ベナベンテ アベニ
ュー 39757

(72)発明者 茹瑛 童

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95130 サンジョセ レバイン ドライブ
2433

(72)発明者 全鉅 童

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

94566 プリーザントン カミノデルラゴ
6234

(72)発明者 榮福 ▲蕭▼

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

94539 フレモント リバーモア コム
43305